

Аннотация работ по ГК 02.740.11.5154 от 12.03.2010

(руководитель Валл А.Н.)

ГЛУБОКОНЕУПРУГОЕ РАССЕЙЯНИЕ, ТОМОГРАФИЯ АДРОНОВ НА ФЕМТО-МАСШТАБАХ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ОБЛАСТИ РОЖДЕНИЯ ДЕТЕКТИРУЕМЫХ ЧАСТИЦ

В результате двухлетней работы участниками проекта были достигнуты значительные результаты в области современной теоретической физики. Были разработаны новые методы исследования, получены совершенно новые знания о структуре материи, расширено представление о ходе взаимодействия частиц в высокоэнергетичных столкновениях. Кроме того, были открыты новые перспективы дальнейших исследований, которые непременно планируется проводить в ближайшем будущем. В связи с объемом и широтой ожидаемых исследований планируется обязательное привлечение все большего числа молодых физиков из различных университетов России и Германии для совместных работ. Среди наиболее значимых результатов двухлетних исследований мы выделяем следующие:

1. Разработан метод функции Вигнера в рамках группы $SO(2,1)$ для описания пространственных характеристик области взаимодействия частиц при высоких энергиях. К исследованию микроскопической структуры материи существует два подхода. Первый подход представляет собой построение *пространственного* распределения материи или заряда внутри исследуемой системы. Во втором подходе к изучению структуры материи вычисляются распределения составных частей системы *по импульсу*. Оба эти подхода являются весьма полезными, на каждом из них основываются соответствующие отрасли современной физики частиц. Однако по отдельности данные подходы не дают полного описания состояния материи в изучаемой системе. Наиболее полная информация о структуре изучаемой системы содержится в совместном распределении и по импульсу, и по координатам. Такое распределение без труда можно построить для классической системы (распределение Больцмана), однако в квантовом случае

нельзя говорить об одновременной локализации частицы по импульсу и координате (принцип неопределенности Гейзенберга). Поэтому в этом случае работают с обобщением понятия обычных вероятностных функций распределения – квазивероятностными функциями распределения. Одним из примеров таких распределений является функция Вигнера. Формализм функции Вигнера был построен давно, однако мы строим для наших целей функцию Вигнера не на базе волновой функции, как это делается классически, а на основе амплитуды упругого процесса. Таким образом, мы получаем функцию Вигнера, описывающую не состояние системы, а процесс упругого рассеяния частиц. Построенное таким образом вигнеровское распределение позволяет вычислять средние геометрические характеристики области взаимодействия частиц, такие как средний радиус области адронизации частиц после взаимодействия, множественность рождения и т.д. Подобные исследования позволят детально изучить область, в которой происходит взаимодействие частиц при их столкновении, а значит, лучше представить внутреннее устройство материи.

2. Разработана модель функции обобщенных партонных распределений для адронов, согласованная с данными по сечениям жестких эксклюзивных процессов и основанная на методах Абелевой томографии. Обобщенные партонные распределения являются другим примером носителей полной информации о распределении партонов в адроне по импульсам и координатам. Такие распределения неизмеримы напрямую в экспериментах, и поэтому требуются различные теоретические модели восстановления таких распределений из имеющихся экспериментальных данных. При этом нами были использованы самые современные экспериментальные данные, полученные на знаменитом LHC. В скором времени должны стать доступными данные с этого эксперимента, полученные при еще больших энергиях. На основе этих новых данных мы сможем уточнить наши оценки параметров, уменьшить интервал ошибок, сделать более точные

предсказания. Мы получили выражение для 3-мерного партонного распределения $q(x, \vec{b}_\perp)$ в пионе для асимптотически больших значений b_\perp . Это дало нам хороший пример точного непertурбативного результата для партонной структуры бозонов Намбу-Голдстоуна в квантовой хромодинамике. Анализируя зависимость поперечного радиуса пиона, мы обнаружили *новое явление* «киральной инфляции» - в параметрически широком диапазоне бьеркиновских x ($m_\pi \ll 4\pi F_\pi \sqrt{x} \ll 4\pi F_\pi$) радиус пиона экспоненциально растет с быстротой $\eta = \ln(1/x)$. Мы показали, что партонны в этом интервале бьеркиновских x вносят вклад в извесиную логарифмическую дивергенцию пионного радиуса. Явление киральной инфляции расходится с грибовской диффузией. Нами разработан *новый общий метод* вычисления лидирующих инфракрасных логарифмов в эффективных моделях.

3. Разработан метод описания кварк-глюонной плазмы в рамках кинетических уравнений для неабелевых полей. Из-за сложности цветовой и спинорной структуры исходных динамических уравнений на функции распределения жестких частиц, а также уравнения Янга-Миллса для мягких бозе-возбуждений и уравнения Дирака для мягких ферми-возбуждений, полученные на их основе ядра рассеяния имеют весьма нетривиальную цветовую и спинорную структуру, качественно отличающуюся от известной структуры ядра рассеяния бозе-возбуждений в обычной электромагнитной плазме. Авторами впервые получена согласованная система кинетических уравнений, описывающих процесс рассеяния коллективных ферми-возбуждений на жестких частицах кварк-глюонной плазмы (нелинейное затухание Ландау ферми-возбуждений) и проведена полная классификация членов, входящих в правые части найденных кинетических уравнений. Представлен явный вид декремента нелинейного затухания Ландау плазминов (ферми-моды, для которых киральность противоположна по знаку спиральности), доказана его калибровочная инвариантность, и рассмотрена

проблема связи данного декремента с декрементом затухания, найденным на основе техники ресуммирования Braaten-Pisarski.

4. Проведены 11 семинаров по тематике проекта с участием ведущих мировых ученых в области физики элементарных частиц, ведущих мировых физиков-теоретиков и физиков-экспериментаторов, а также студентов и аспирантов Иркутского государственного университета. Научные семинары имеют цель ознакомления с состоянием современного исследования по данной тематике, обсуждения достигнутых результатов с ведущими мировыми учеными в этой области, а также обучение студентов по представляемым на семинаре разделам физики. Семинары проводились в Иркутском государственном университете, на кафедре теоретической физики; в пос. Большие Коты Иркутской области в рабочее время Международной Байкальской летней Школы по физике элементарных частиц и астрофизике, когда в Иркутскую область съезжается большое количество ведущих мировых ученых; а также в Рурском университете г. Бохум, Германия, где периодически встречаются ученые из Германии, России (Дубна) и других стран на деловые встречи.

5. Организованы и проведены две международных Байкальских летних школы «Физика элементарных частиц и астрофизика» в июле 2010 и в июле 2011 г. Подобные Школы являются местом встречи ведущих мировых ученых по физике элементарных частиц, астрофизике и некоторым другим разделам современной физики. В течение недели лучшие ученые читают курсы лекций для студентов и аспирантов Иркутского государственного университета. Это способствует закреплению в науке молодых ученых-физиков, которые могут узнать о последних достижениях в физике непосредственно от тех людей, при участии которых эти достижения были осуществлены. Целью проведения Международных Байкальских Летних Школ по Физике элементарных частиц и Астрофизике является обеспечение

эффективного освоения молодыми исследователями лучших научных и методических отечественных и мировых достижений в области теоретической и экспериментальной физики (ядерной физики, физики высоких энергий, астрофизики, физики космических лучей). Главным исполнителем работ является Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский Государственный Университет», г. Иркутск. Соисполнителем является Объединенный институт ядерных исследований г. Дубна.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс физического факультета Иркутского государственного университета и могут быть использованы в лекционных курсах по предметам: «Квантовая теория», «Релятивистская квантовая теория», «Физическая кинетика», «Квантовая электродинамика», «Квантовая хромодинамика», «Квантовая теория излучения», «Теория гравитации и космология», «Астрофизика высоких энергий». Результаты работы могут быть использованы при выполнении курсовых и дипломных работ студентами физического факультета ИГУ, а также при разработке методических пособий для студентов, изучающих соответствующую дисциплины. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы при решении фундаментальных проблем физики элементарных частиц и ядерной физики в ходе дальнейших исследований в российских и зарубежных научно-исследовательских центрах (Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Институт ядерной физики СО РАН, г. Новосибирск, Институт теоретической физики Рурского Университета Бохум, Германия и др.).